

Aus dem Institut für Veterinär-Hygiene der
Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. Dr. h. c. E. Hess)

ZELLGEHALT IN DER MILCH UNGESCHÄDIGTER EUTER

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde
der Veterinär-Medizinischen Fakultät der Universität Zürich

vorgelegt von
ROBERT DOGGWEILER
Tierarzt von Opfikon

Genehmigt auf Antrag von
Prof. Dr. Dr. h. c. E. Hess, Referent
Prof. Dr. K. Zerobin, Korreferent

Zürich 1982



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Veterinär-Hygiene der
Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. Dr. h. c. E. Hess)

ZELLGEHALT IN DER MILCH UNGESCHÄDIGTER EUTER

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde
der Veterinär-Medizinischen Fakultät der Universität Zürich

vorgelegt von
ROBERT DOGGWEILER
Tierarzt von Opfikon

Genehmigt auf Antrag von
Prof. Dr. Dr. h. c. E. Hess, Referent
Prof. Dr. K. Zerobin, Korreferent

Zürich 1982



Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	7
A. Literatur	9
1. Bedeutung der Zellen in der Milch	9
2. Grenzwerte nach verschiedenen Autoren	11
3. Variationen der Zellzahl in Abhängigkeit von Laktationsstadium, Alter und Melkzeit	14
a) Laktationsstadium	14
b) Alter	17
c) Melkzeit	18
4. Einfluss von Melkfehlern auf die Eutergesund- heit	19
5. Situation bei erstmelken Kühen (Färsen)	21
B. Eigene Untersuchungen	22
1. Probenbeschaffung	22
2. Zellgehaltsbestimmung mit Hilfe des Impuls- cytophotometers	26
3. Bakteriologische Untersuchung	30
4. Beurteilung der Euterviertel	31
C. Ergebnisse	32
1. Zellgehalt aller Proben	32
2. Vergleich der Rassen	36
3. Abhängigkeit vom Laktationsstadium	46
4. Beziehungen zwischen verschiedenen Parametern	48
D. Diskussion	50
E. Zusammenfassung	65
Literaturverzeichnis	66

E i n l e i t u n g

Schon vor über hundert Jahren (1849) meinte Jeremias Gotthelf in seinem "Uli, der Pächter": "... aber die Kühe bekamen kranke Euter, die Milch ward ziegerig."

Schon Gotthelf hatte erkannt, dass unsachgemässes Melken ("... der lässt einzelne Kühe oder Striche ungemolken...") und mangelnde Sorgfalt ("... tat so liederlich er durfte, ohne ausgescholten zu werden...") zu Eutererkrankungen führt.

Die Folgen sind:

- Qualitätsverlust (Milch aus kranken Eutern ist als minderwertig zu betrachten, da ihre Zusammensetzung gegenüber Milch aus gesunden Drüsen mehr oder weniger stark verändert ist) und
- Finanzielle Einbusse für den Landwirt (schon leichte Sekretionsstörungen führen zu Milchleistungsminderungen an den betreffenden Vierteln).

Mastitiden stellen also ein bedeutendes Problem dar. Sie müssen mit allen Mitteln verhindert bzw. bekämpft werden.

Als objektiver Parameter zur Erkennung der weit verbreiteten subklinischen Mastitiden gilt allgemein die Zahl somatischer Zellen in der Milch.

Mit der vorliegenden Arbeit wollten wir einen Beitrag leisten zur Festlegung der Grenze zwischen physiologischem und pathologischem Zellgehalt der Milch. Zu diesem Zwecke untersuchten wir ausschliesslich Milch von erstlaktierenden Kühen, weil bei Färsen die Chance am grössten sein musste, ungeschädigte Euter mit unverändertem Sekret anzutreffen.

A. L i t e r a t u r

1. Bedeutung der Zellen in der Milch

Die Anzahl somatischer Zellen in der Milch gilt international als bester Parameter für die Beurteilung des Gesundheitszustandes der Milchdrüse. Viele Sekretionsstörungen sind nicht bakteriologisch, wohl aber zytologisch nachzuweisen (HAUKE, 1961).

CULLEN (1966) und WAITE & BLACKBURN (1957) fanden, die Zellzählung sei der bakteriologischen Untersuchung als Kriterium einer Entzündung des Eutergewebes vorzuziehen.

Da es sich bei der Milchdrüse nicht um ein holokrines Organ handelt, sollte die Milch eigentlich keine Zellen enthalten (SCHALM, 1971). In Wirklichkeit findet man aber niemals zellfreie Milch. Dabei kann die Anzahl an Zellen von verschiedenen Parametern abhängen (siehe später). Die blosse Anwesenheit von Zellen in der Milch lässt also noch nicht auf eine Krankheit im betreffenden Viertel schliessen.

Als somatische Zellen werden körpereigene Zellen definiert. Es handelt sich dabei um Drüsenepithelzellen des Euters und um eigentliche Entzündungszellen, vorwiegend

neutrophile Granulozyten. Eine hohe Zahl an neutrophilen Granulozyten lässt auf ein akut entzündliches Geschehen schliessen, während zu viele Epithelzellen eine Schädigung des Euterparenchyms anzeigen.

Eine Zelldifferenzierung bringt aber wenig oder keinen Vorteil gegenüber der Bestimmung der Gesamtzellzahl (BLACKBURN und Mitarbeiter, 1955; TOLLE, 1971).

Zwischen der Höhe des Zellgehaltes und dem Anteil neutrophiler Granulozyten besteht eine enge Beziehung; eine Zelldifferenzierung ergibt daher kaum weitere Informationen. Nur bei relativ tiefen Zellzahlen und einem geringen Anteil an neutrophilen Granulozyten besteht die Wahrscheinlichkeit, dass die Milch von einer eutergesunden Kuh stammt.

Nach WEBER & GUTHY (1971) gibt die Zellzahl Auskunft über a) das Vorliegen von subklinischen Sekretionsstörungen und Mastitiden und b) die hygienische, technologische und ernährungsphysiologische Qualität der Milch.

Die Bestimmung der Gesamtzellzahl ermöglicht ausserdem einfach und schnell, Schwerpunkte bei der Mastitisüberwachung von Beständen zu setzen (SCHULTZE-PETZOLD, 1960).

Nach FOLLE (1971) ist der Zellgehalt das wesentliche Leitsymptom für die Definition von Mastitis. Schon von der normal funktionierenden Drüse werden ständig Zellen und Zelltrümmer abgestossen und sind somit Bestandteile der Milch. Durch Mikroorganismen und/oder Traumata werden Mastitiden ausgelöst, wobei es durch Phagozytenmigration und vermehrte Zellabstossung zu einer Erhöhung der Zellzahl kommt.

Subklinische Mastitiden können zu bedeutenden Milchleistungseinbussen führen; sie können aber weder an einer Veränderung des Euters noch an der sichtbaren Beschaffenheit der Milch erkannt werden. Daher ist hier der Gehalt an somatischen Zellen von besonderem Interesse (KING, 1967; REICHMUTH und Mitarbeiter, 1970; MEYER, 1978; MEIJERING und Mitarbeiter, 1978).

2. Grenzwerte nach verschiedenen Autoren

Schon von vielen Autoren wurde versucht, Grenzwerte festzulegen, die noch einem gesunden und unveränderten Organ zugeordnet werden können. Die Spannweite reicht dabei von 20'000 (CHU, 1949) bis zu 1,5 Millionen Zellen pro ml Milch (PRESCOTT & BREED, 1910).

International wurde die Grenze zwischen "gesund" und

"verändert" 1966 von der "International Dairy Federation" (IDF) auf 500'000 Zellen pro ml Milch festgelegt, obwohl von 14 nationalen Komitees die Zellzahlgrenze von 300'000 pro ml vorgeschlagen worden war (KAESTLI, 1967).

Viele Autoren schliessen sich in ihren Publikationen der internationalen Norm von 500'000 Zellen pro ml Milch als tolerierbarem Grenzwert an.

So beurteilte POLLE (1971) Befunde von weniger als 500'000 Zellen pro ml mit negativem mikrobiellen Befund als normale Sekretion (werden bei diesen Zellzahlen Mikroorganismen nachgewiesen, so spricht der Autor von einer latenten Infektion). Liegt die Zellzahl über 500'000 pro ml und ist die Milch frei von euterpathogenen Keimen, so handelt es sich um eine Sekretionsstörung oder unspezifische Mastitis; ist auch der bakteriologische Befund positiv, so liegt eine eigentliche Mastitis vor.

WRIGHT (1977) meinte, Zellgehalte von 20'000 - 40'000 pro ml Milch seien nicht ungewöhnlich; trotzdem gelte aber der internationale Standard von 500'000 Zellen pro ml, der auf statistischen Daten beruhe.

Nach SCHULTZ (1977) können Kühe mit Zellzahlen von weniger als 500'000 pro ml Milch als normal betrachtet werden. Erst darüber sind Infektionen wahrscheinlich. Nur

Kühe mit mehr als 750'000 Zellen pro ml werden in dem beschriebenen Programm (production testing program in Wisconsin) zur Behandlung während der Galtzeit vorge-
merkt.

Nach HOFFMANN (1980) liegt im eutergesunden Milchkuhbestand die Zellzahl des Einzelgemelks im geometrischen Mittel zwischen 20'000 und 400'000 pro ml. Sie unterliegt beim Einzeltier kurzfristigen, zum Teil erheblichen Schwankungen. Aber die Festlegung einer Zellzahlgrenze hat Bedeutung für die Einschätzung der Verarbeitungsfähigkeit der Rohmilch.

Nach WAITE & BLACKBURN (1957) liegt die Grenze für ein vollkommen gesundes Euter bei 10'000 Zellen pro ml Milch. Bis zu 100'000 Zellen pro ml liege keine subklinische Mastitis vor, da man in diesem Bereich fast ausschliesslich Epithelzellen finde; bei höheren Zellzahlen sei ein rascher Anstieg der neutrophilen Granulozyten zu beobachten.

SEELEMANN (1964) fand, die Begriffe "eutergesund" und "euterkrank" seien relativ, weil die Ansichten der Experten darüber nicht völlig übereinstimmen. Zusätzlich gebe es viele individuelle Schwankungen. Er gab als normale Grenze an: Zellzahlen unter 100'000 pro ml, evt. bis 200'000 pro ml.

SCHALM & LASMANIS (1969) zeigten, dass die Zellzahl in Milch aus dem gesunden Euterviertel normalerweise unter 100'000 Zellen pro ml liegt, wobei es gegen Ende der Laktation zu einem Anstieg kommt.

HESS & EGGER (1969) fanden, dass Zellzahlen über 500'000 pro ml praktisch ausnahmslos (in 96 - 98% der Fälle) mit Mastitis korreliert waren. Sie verglichen den histologischen Befund von 416 Vierteln mit den Zellzahlen der Milch aus den jeweiligen Drüsen. Bei über 300'000 Zellen pro ml waren bereits mehr als 80% aller Viertel stark verändert, und schon bei weniger als 200'000 Zellen pro ml fanden sie leichte bis mässige Veränderungen bei 19 - 54% der Viertel. Sie empfahlen daher Nachkontrolle, wenn eine erste bakteriologische Untersuchung von Milchproben mit 200'000 - 500'000 Zellen pro ml negativ ausgefallen ist.

3. Variationen der Zellzahl in Abhängigkeit von Laktationsstadium, Alter und Melkzeit

a) Laktationsstadium

Ueber die Abhängigkeit der Zellzahl vom Laktationsstadium findet man in der Literatur keine einheitliche Meinung.

SCHALM (1968) meinte, die Zellzahl nehme gegen Ende der

Laktation zu, weil die Zellen in einer kleineren Milchmenge konzentriert werden. Dabei handle es sich vor allem um Epithelzellen.

Nach TOLLE (1971) fällt die Zellzahl nach dem ersten Laktationsmonat deutlich ab und steigt danach bis zum Ende der Laktation.

WAITE & BLACKBURN (1957) beobachteten in den ersten vier Monaten nur kleine Veränderungen der Zellzahl. Danach steige sie zunächst langsam, dann schneller an. Die Veränderungen seien aber nur in der sehr frühen und sehr späten Laktation bemerkenswert.

In einer zwölfjährigen Studie fand BLACKBURN (1966) in jeder Laktationsperiode einen Anstieg der Zellzahl; er war gegen Ende der Laktation besonders markant.

Einen hochsignifikanten Einfluss auf den Zellgehalt der Milch hat das Laktationsstadium nach Meinung von PROBST & BEHRINGER (1968). Ihre Schalmtest-Ergebnisse lagen im 10. und 11. Laktationsmonat fast doppelt so hoch wie zu Beginn der Laktation. Es scheint beim vorliegenden Material so zu sein, dass vorhandene Infektionen im Laufe der Laktation deutlicher sichtbar wurden.

Der Anstieg der Zellzahl gegen Ende der Laktation wurde

auch in einer Arbeit von CULLEN (1968) bestätigt. Er untersuchte 14 Kühe während einer Laktation regelmässig und fand im übrigen ein periodisches Steigen und Sinken der Zellzahl, wobei ein Zyklus etwa 4 Wochen dauerte.

MERCK (1979) beobachtete eine deutlich erkennbare Abhängigkeit der Zellzahl vom Laktationsstadium, wobei er die höchsten Zellzahlen am Laktationsende ermittelte. Er fand bei Vierteln ohne nachweisbare Infektion Zunahmen bis zu 80'000 Zellen pro ml Milch.

Keinen signifikanten Anstieg der Zellzahl gegen Laktationsende fanden dagegen DITSCHAEVER & ASHTON (1972). Sie beobachteten 11 Kühe während einer Laktation und stellten beträchtliche unregelmässige Schwankungen des Milchzellgehaltes fest, die vom Laktationsstadium unabhängig waren.

In einer Arbeit von NATZKE & EVERETT (1972) war die Zellzahl 2 Wochen nach dem Abkalben höher als zur Zeit des Trockenstellens. Die Milch nicht euterinfizierter Kühe wies am Ende der Laktation also keinen erhöhten Zellgehalt auf.

Auch PAAPE und Mitarbeiter (1979) fanden im Rahmen einer Untersuchung über den Einfluss von ACTH auf die Milchzellzahl keinen Anstieg gegen Laktationsende.

MEYER (1978) fand nur eine leichte Zunahme im geometrischen Mittel der Zellzahlen. Noch im 9. Laktationsmonat wiesen rund 85% der nicht infizierten Euterviertel von 500 Kühen Zellzahlen unter 300'000 pro ml Milch auf. Der durchschnittliche Zellgehalt in Gesamtviertelsgemelken nicht infizierter Drüsen stieg mit fortschreitender Dauer der Laktation von 40'000 pro ml im 1. und 2. Laktationsmonat auf etwas über 100'000 pro ml bei 9 und mehr Laktationsmonaten.

b) Alter

PROBST & BEHRINGER (1968) fanden ansteigende CMT-Werte (California-Mastitis-Test) bis zur 7. Laktation; danach waren die CMT-Werte sogar rückläufig, was wahrscheinlich auf eine positive Auslese der Kühe bezüglich Eutergesundheit zurückzuführen ist.

Im Rahmen seiner zwölfjährigen Studie beobachtete BLACKBURN (1966) einen Anstieg der Gesamtzellzahl von Laktation zu Laktation, wobei dieser Anstieg hauptsächlich auf einer Zunahme der neutrophilen Granulozyten beruhte.

Auch von anderen Autoren (KRUEGER, 1953; BLAU, 1953; RE-DAELLI, 1963; RENDEL & SUNDBERG, 1962; zitiert nach PROBST & BEHRINGER, 1968) wird einheitlich die Meinung vertreten, dass der Zellgehalt der Milch mit steigender Zahl der Laktationen zunimmt.

GRUBERT und HILLMANN (zitiert nach HAUKE, 1961) konnten einen Einfluss des Alters auf den Zellgehalt nicht feststellen.

c) Melkzeit

WHITE & RATTRAY (1965) beobachteten an vier Milchkühen, denen sie stündlich Milchproben entnahmen, deutliche Schwankungen der Zellzahl im Laufe des Tages. Auffallendstes Merkmal war dabei der markante Anstieg während und nach dem Melken und der darauf folgende Abfall bis zum nächsten Melken.

Auch CULLEN (1967) fand anlässlich stündlichen Untersuchungen der Milchproben von 21 Kühen beträchtliche Schwankungen der Zellzahl im Laufe des Tages. Er forderte daher eine Standardzeit für die Milchentnahme.

Die Forderung nach einer Standardzeit wurde auch von TOLLE (1971) aufgestellt: Nur Proben, die zur üblichen Melkzeit aus den Anfangsgemelken von Kühen in normaler Laktation entnommen sind, dürfen an einem Grenzwert gemessen werden.

4. Einfluss von Melkfehlern auf die Eutergesundheit

Starke mechanische Beeinflussung des Euters durch unsachgemässes Handmelken sowie fehlerhaftes Maschinenmelken (zu hohes Vakuum, zu langes Blindmelken etc.) können zu mechanischen Schädigungen am Euter führen, die ihren Ausdruck in einer Zellvermehrung finden (HAUKE, 1961).

Nach THOMPSON (1977) ist zu hohes Vakuum schädlich, weil damit eine erhöhte Gefahr besteht, dass kleine Blutgefässe platzen und die Strichkanal-Schleimhaut ausgestülpt oder erodiert wird. Eine zu kurze Ruhephase ist schädlich, weil der Zitzenschliessmuskel während des Melkaktes inadäquat erschlafft und weil das Blut nach Beendigung des Milchflusses in der Zitze nur ungenügend zirkuliert.

Oft ist fehlendes Wissen und mangelnde Sorgfalt schuld am massierten Auftreten von Mastitis in einem Betrieb. Eine Herdensanierung ist dann nur möglich, wenn die Melk- und Stallhygiene zunächst grundlegend gebessert und das Melkpersonal zur intensiven Mitarbeit erzogen ist (REHDER, 1961).

Nach Ansicht von LEIDL & WALSER (1962) ist einwandfreie Melkarbeit gleichermassen Voraussetzung für die Gesunderhaltung der Milchdrüse wie für den Behandlungserfolg am erkrankten Euter. Prophylaxe und Therapie der Euter-

störungen, insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Herdensanierung, verlangen eine entsprechende Beachtung der Melkbedingungen.

Auch GLAETTLI (1961) meinte, falsch gehandhabte und fehlerhaft arbeitende Melkmaschinen seien heute eine wichtige Ursache für das Entstehen von Mastitiden. Einige der wichtigsten Mängel seien dabei schlecht gereinigte oder vernachlässigte Melkmaschinen, verstopfte oder nasse Vakuumlinien, schmutzige, muffige oder abgenutzte Pulsatoren, schmutzige, rissige und spröde Zitzengummi.

THIERLEY & GERINGER (1978) untersuchten 300 Melkanlagen, von denen 80,7% Mängel aufwiesen. Sie fanden, dass eine Erhöhung des Milchzellgehaltes am stärksten vom Zustand der Gummiteile, von der Pumpenleistung und vom summierten Auftreten von Mängeln beeinflusst wurde. Den geringsten Einfluss zeigte das zu hohe Vakuum. Die Autoren stellten fest, dass die Eutergesundheit eines Milchviehbestandes wesentlich vom technischen Zustand der Melkanlage abhängig ist und forderten daher deren turnusmässige Ueberprüfung als eine der wichtigsten Massnahmen zur Mastitisprophylaxe.

5. Situation bei erstmelken Kühen (Färsen)

MEIJERING und Mitarbeiter (1978) untersuchten 1974 in Noord-Brabant 933 Kühe, davon 754 primipare. Mittels elektronischer Zellzählung fanden sie bei Erstlaktierenden 19% der Viertel unter 100'000 Zellen pro ml Milch; bei den pluriparen Tieren waren noch 17% in diesem Bereich. Der grösste Teil der Proben von Färsen (39%) enthielt zwischen 100'000 und 200'000 Zellen pro ml. Der Modalwert lag bei 125'000 Zellen pro ml. 42% der erstlaktierenden Kühe hatten einen Zellgehalt von über 200'000 pro ml Milch. Bei den Pluriparen lagen 63% der Proben in diesem Bereich.

B. Eigene Untersuchungen

1. Probenbeschaffung

Von den Zuchtverbänden der Braunvieh-, der Simmentaler Fleckvieh- und der Schwarzfleckviehrasse wurden uns Betriebe in der weiteren Region um Zürich gemeldet, die bereit waren, uns Proben für unsere Untersuchungen zur Verfügung zu stellen.

Zusätzlich bezeichneten die Verbände Milchleistungskontrolleure, die Proben für uns erheben sollten. Anlässlich ihrer monatlichen Routinekontrolle entnahmen die Kontrolleure (ihre Aufgabe ist insbesondere die Meldung der Tagesleistung an die Zuchtverbände) von allen erstlaktierenden Kühen im Betrieb vier Einzelviertel- und eine Gesamtgemelksprobe. Die Viertelsproben wurden vor dem Morgenmelken gewonnen, nachdem einige Strahlen in einen Strippbecher gemolken worden waren. Die Gesamtgemelksprobe wurde anschliessend an den Melkakt aus dem Kessel geschöpft.¹⁾

So standen uns schliesslich Proben von 944 Kühen aus 227 Betrieben zur Verfügung. Die Betriebsgrösse schwankte

¹⁾ Den beteiligten Milchleistungskontrolleuren danken wir für ihre gewissenhafte Mitarbeit.

von 2 bis 45 Kühen, der Anteil der Erstkalbinnen betrug 4 bis 50% (ein Betrieb bestand insgesamt nur aus zwei erstmelken Kühen, was einen Anteil von 100% ergab). Im Mittel standen in den Betrieben 20 Kühe mit einem durchschnittlichen Anteil von 21% Prozent Färsen. Tabelle (1) zeigt die entsprechenden Zahlen für die einzelnen Rassen.

Tabelle (1): Anzahl Betriebe, Betriebsgrösse, prozentualer Anteil an Färsen in den Betrieben

Rasse	Anzahl Betriebe	Anzahl Kühe pro Betrieb		Prozent Erstmelkende	
		Bereich	$\bar{x}$	Bereich	$\bar{x}$
Braunvieh	75	15 - 45	26	5 - 44	20
Simmentaler Fleckvieh	103	5 - 40	17	4 - 50	21
Schwarz-fleckvieh	49	2 - 36	16	6 - 43*	21
Alle Rassen	227	2 - 45	20	4 - 50	21

*ein Betrieb bestand insgesamt nur aus zwei Erstkalbinnen und wurde daher in dieser Tabelle nicht berücksichtigt.

Von sämtlichen erstmelken Tieren wurden Rasse, Laktationsmonat, Morgenmilchmenge, Angaben über Euterverletzungen sowie Euterbehandlungen protokolliert.

Tabelle (2) zeigt die durchschnittliche Tagesleistung bei den einzelnen Rassen. Braunvieh und Simmentaler Fleckvieh wurden dabei unterteilt in Tiere ohne und Tiere mit verschiedenen grossen Fremdblutanteilen. Beim Braunvieh handelt es sich um den Anteil an Brown Swiss und beim Simmentaler Fleckvieh um denjenigen an Red Holstein. Die Absicht, die bei der Einkreuzung dieser Rassen verfolgt wird, besteht in der Erzielung einer höheren Milchleistung.

Von den Zuchtverbänden erhielten wir anschliessend Angaben über Tagesleistung, Laktosegehalt im Gesamtgemelk und - sofern vorhanden - die Ergebnisse der offiziellen Melkbarkeitsprüfung.

Zusätzlich wurde protokolliert: Betriebsgrösse, Zahl der erstlaktierenden Kühe und Art des Milchentzuges.

Die Proben wurden sofort im Anschluss an die Entnahme per Postexpress in unser Institut gesandt. Unmittelbar nach Ankunft oder nach Lagerung der Proben über Nacht bei $+4^{\circ}\text{C}$ wurde der Zellgehalt cytophotometrisch ermittelt.

Enthielt eine Milch über 100'000 Zellen pro ml, wurde innert der nächsten vierzehn Tage vom betreffenden Viertel eine Probe für die bakteriologische Untersuchung entnommen. Dabei wurde die Zitzenkuppe sorgfältig desinfiziert.

Tabelle (2): Durchschnittliche Tagesleistung bei den einzelnen Rassen

Rasse	Anteil Fremdblut %	Anzahl Tiere	Durchschnittl. Tagesleistung kg	Standard- abweichung kg	Maximum kg	Minimum kg
Braunvieh	0	236	14.2	2.7	21.9	8.9
x Brown	25	80	14.1	2.9	20.8	5.5
Swiss	50	72	16.8	3.4	30.5	8.6
	75	16	16.3	3.7	22.0	10.2
Simmentaler	0	123	14.1	4.2	27.5	4.0
Fleckvieh	12	14	14.0	3.3	18.4	7.6
x Red	25	85	14.9	4.1	24.4	5.3
Holstein	50	94	16.0	4.8	28.6	5.3
	75	33	16.8	4.4	25.8	7.6
	*	6	14.6	4.8	20.7	9.5
Schwarzfleck- vieh	-	154	18.4	4.4	28.9	7.3
Alle Rassen	-	913 **	15.5	4.1	30.5	4.0

* Simmentaler ohne Abstammungsausweis

** Die Tagesleistung wurde uns nicht für alle 944 Kühe mitgeteilt.

ziert (Wattebausch mit Aether-Alkohol $\bar{a}\bar{a}$). Gleichzeitig wurde bei allen Tieren der Schalmtest durchgeführt.

2. Zellgehaltsbestimmung mit Hilfe des Impulscytophotometers

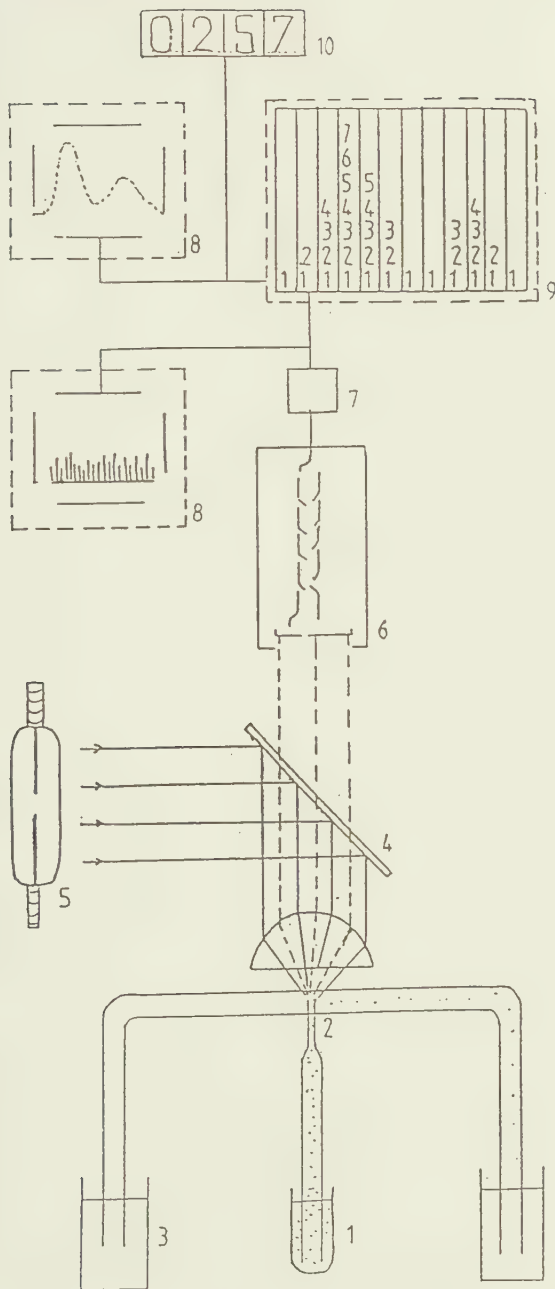
Der Zellgehalt unserer Milchproben wurde mit dem Impulscytophotometer (ICP 11) der Firma Phywe AG, D-3400 Göttingen ermittelt.

Das Prinzip des Verfahrens besteht in der Anfärbung der Zellen mit Farbstoffen, die zusammen mit doppelsträngigen Kernsäuren bei Erregung mit kurzwelligem Licht eine spezifische Fluoreszenz erzeugen. Schmutzpartikel, Fettkügelchen und Zytoplasma fluoreszieren nicht (BREER & LUTZ, 1978).

Die Zählung der somatischen Zellen erfolgt nach dem folgenden Prinzip:

Die mit Ethidiumbromid¹⁾ angefärbten Zellen werden von unten nach oben durch den Tiefenschärfebereich eines Mikroskop-Objektivs geführt.

¹⁾ Ethidium Bromide (pfs) E 8751, SIGMA, Chemical Company, Saint Louis, Missouri, USA



10 Impulszähler

9 Vielkanalanalysator

8 Oszillographen

7 Peakdetektor

6 Photomultiplier

5 Quecksilber-
Höchstdruckbrenner

4 Strahlenteilerspiegel

3 Spülflüssigkeit

2 Kapillare

1 Verdünnte Milchprobe

Ultravioletttes Auflicht erzeugt eine rote Fluoreszenz, deren Intensität direkt proportional ist zur DNA-Menge. Eine Photomultiplerröhre registriert diese Fluoreszenz und wandelt sie in einen elektrischen Impuls um.

Zur Kontrolle dient ein Kathodenstrahl-Oszillograph, auf dem Höhe, Form und Dauer der Signale beurteilt werden können. Ein Vielkanal - Analysator ordnet das von jeder Zelle verursachte Signal einer von 128 Grössenklassen zu und speichert die Signale in den einzelnen Kanälen. Der Speichervorgang kann schon während der Messung auf einem zweiten Kathodenstrahl-Oszillographen beobachtet werden; damit lässt sich eine Fehlmessung rechtzeitig erkennen und unterbrechen.

Bei jeder Messung erhält man somit neben der Gesamtzellzahl eine Verteilungskurve der Kernsäuren. Dank der hohen Spezifität der Fluoreszenz lassen sich die zellbedingten Signale eindeutig von den unspezifischen Impulsen differenzieren und mit einem Schwellwert - Regler abtrennen (LUTZ und Mitarbeiter, 1974; BREER und Mitarbeiter, 1976).

Diese Verbesserung der Zellgehaltsbestimmung gegenüber der elektronischen Partikelzählung wirkt sich namentlich in den unteren und den extrem hohen Zellzahlbereichen aus (LUTZ & BREER, 1976).

Die Reproduzierbarkeit der Zählungen durch das Impuls-
cytophotometer ist aus der nachfolgenden Tabelle ersicht-
lich (BREER & LUTZ, 1978).

Probe Nr.	beobachtete Werte			erwartete Standard abweichung $s = \sqrt{\bar{x}}$ (10^3 Zellen/ml)
	arithmetisches Mittel $\bar{x}$ aus 12 Ansätzen (10^3 Zellen/ml)	Standard- abweichung s (10^3 Zellen/ml)	Variations- koeffizient V_K %	
1	49,2	4,126	8,39	7,01
2	281,466	13,752	4,89	16,776
3	9647,454	102,092	1,06	98,219

Da die Zellmembran von lebenden Zellen vom Farbstoff
nicht ohne weiteres passiert werden kann (BREER & LUTZ,
1978), haben wir unsere Milchproben 10 Minuten in einem
Wasserbad von 80°C erhitzt.

Anschliessend wurden die Proben im Verhältnis 1 : 100 mit
einer Ethidiumbromid-Pufferlösung¹⁾ verdünnt.

¹⁾ Zusammensetzung der Ethidiumbromid-Pufferlösung:

Tris-Puffer	12.0
NaCl	6.0
HCl	q.s. ad pH 7.38±0.04
Ethidiumbromid	0.01
Natrium-Acid	0.1
Aq. bidest. ad	1000.0

Mittels eines FISONS-Verdünners (Halbautomat) erreichten wir die exakte Verdünnung von 1:100 (Abweichung: 1%).

Gezählt wurden 100 μ l des Milch-Ethidiumbromid-Gemisches. Die Dosierung erfolgte durch ein automatisches Volumetriersystem des Phywe-Gerätes.

3. Bakteriologische Untersuchung

Die aseptisch entnommenen Milchproben wurden folgendermassen behandelt:

- ca. 0.02 ml Vollmilch verimpften wir auf eine Toxin-Blutagarplatte nach BECHT (1961) Trypticase Soy Agar BBL Nr. 11043 mit Zusatz von 6% Kälberblut und β -hämolysierendem Staphylokokkentoxin, sowie Aeskulin und Kongorot).
- 0.3 ml Vollmilch pipettierten wir ausserdem in Streptocelbouillon (BBL Nr. 11666) (Selektive Anreicherung von Streptokokken). Wenn nach 18- bis 24-stündiger Bebrütung die Bouillon bewachsen war (Umschlag des Bromkresolpurpurs nach gelb) wurden 0.01 ml auf eine Toxin-Blutagarplatte überimpft.

Die Beurteilung des Wachstums auf den Toxinplatten erfolgte nach 20- bzw. 40-stündiger Inkubation bei 37°C.

4. Beurteilung der Euterviertel

Ein Viertel wurde als geschädigt beurteilt, wenn eines oder mehrere der folgenden Kriterien erfüllt waren:

- wenn die Zellzahl über 300'000 pro ml Milch betrug. Dabei stützten wir uns auf die Arbeit von HESS & EGGER (1969), die bei Vierteln, deren Milch über 300'000 Zellen pro ml enthielt, in mehr als 80% starke histologische Veränderungen fanden.
- wenn das Ergebnis der bakteriologischen Untersuchung positiv ausfiel. Auch Befunde mit *Corynebacterium bovis* wurden als positiv gewertet, da auch dieser Keim zu einer Leukozytose führt (BRAMLEY, 1975).
- wenn vom Tierbesitzer Angaben über Verletzungen und/oder Behandlungen des Viertels gemacht wurden.

C. E r g e b n i s s e

1. Zellgehalt aller Proben

Die an der Untersuchung beteiligten Milchleistungskontrolleure entnahmen von allen erstlaktierenden Kühen in den Betrieben, für die sie zuständig waren, bei zwei aufeinander folgenden Kontrollen Milchproben.

Die beiden Durchgänge sind in Tabelle (3) zahlenmässig und in Abbildung (1) grafisch erfasst.

Tabelle (3): Zellgehalt in sämtlichen Viertelsgemelken
(inklusive geschädigte Viertel)
(Zellzahl in Tausend pro ml)

	1. Durchgang	2. Durchgang
Anzahl Proben:	3770	3502
Modalwert:	20	18
Medianwert:	26	26
Geometrischer Mittelwert:	35	34
95%-Bereich:	3 - 457	3 - 427
Minimalwert:	2	2
Maximalwert:	74'400	54'100

Die Anzahl der Proben war im zweiten Durchgang etwas geringer als im ersten, nämlich 3502 gegenüber 3770, d.h. 93%. Das ist darauf zurückzuführen, dass verschiedene Kühe in ihrem letzten Laktationsmonat erfasst wurden und deshalb bei der folgenden Milchprobenentnahme durch den Milchleistungskontrolleur trocken standen. Einzelne Kühe wurden bei der ersten oder bei der zweiten Kontrolle übergangen. Kühe, von denen wir nur einmal Proben untersuchten, wurden generell dem ersten Durchgang zugeordnet.

Tabelle (4): Zellgehalt in der Milch aus den ungeschädigten Vierteln
(Zellzahl in Tausend pro ml)

	1. Durchgang	2. Durchgang
Anzahl Proben:*	3174 (84%)	2818 (81%)
Modalwert:	20	18
Medianwert:	22	21
Geometrischer Mittelwert:	23	21
95%-Bereich:	5 - 107	5 - 96
Minimalwert:	2	2
Maximalwert:	296	289

* in Klammern: Prozent der Gesamtprobenzahl

Tabelle (4) gibt eine Uebersicht über die Zahlen, wie sie aus der Milch von ungeschädigten Vierteln ermittelt wurden. Ungeschädigt waren im ersten Durchgang 3174, d.h. 84% der Viertel; im zweiten Durchgang waren es 2818, d.h. 81% der Viertel.

Die Zellzahlen wurden logarithmisch transformiert, da sich nach dieser Transformation annähernd eine Normalverteilung ergibt (TOLLE, 1970).

Bei Abbildung (1) fällt auf, wie gut die beiden Durchgänge übereinstimmen. Das beweist, dass die Probenzahl ausreicht, um ein repräsentatives Bild über die Zellzahl in der Milch erstmelker Kühe zu erhalten. Individuelle Schwankungen fallen dabei nicht mehr ins Gewicht.

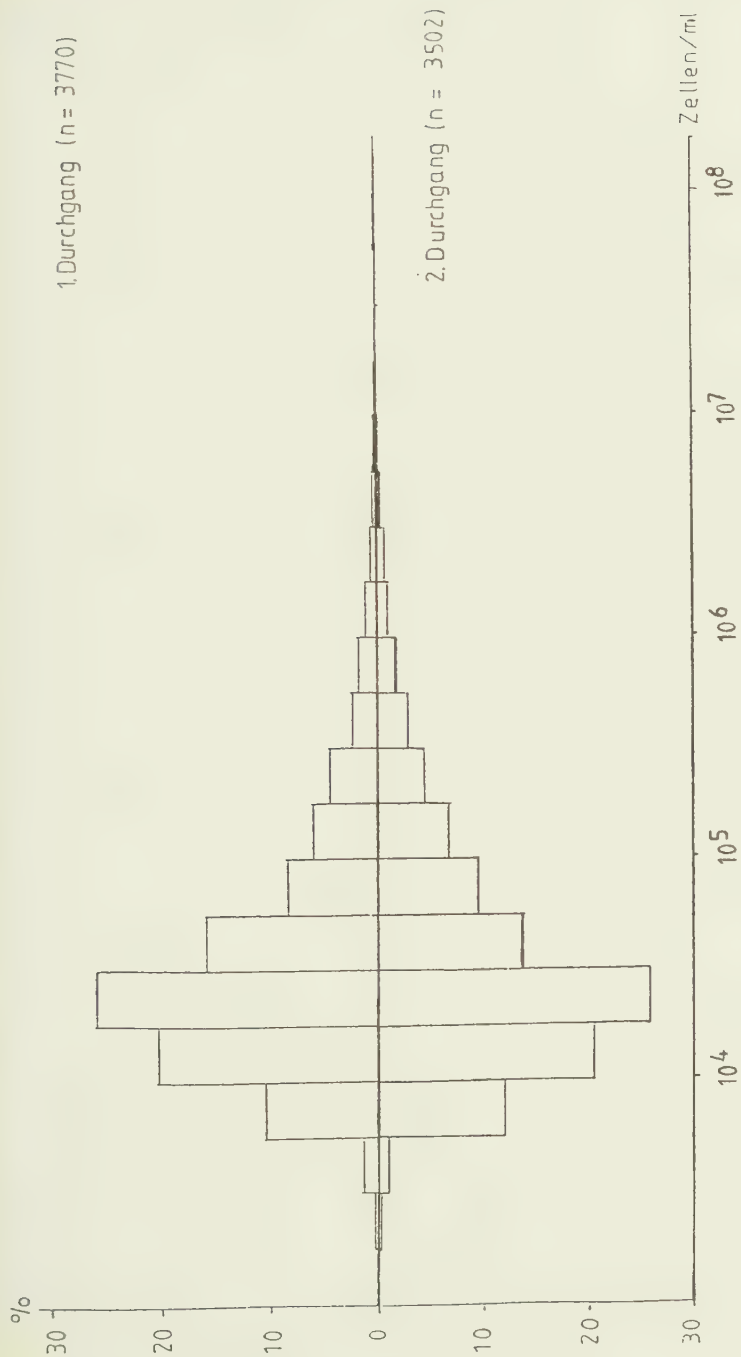


Abbildung (1): Verteilung der Zellzahlen aus sämtlichen Vierteltsgemelken (einschl. geschädigte Viertel).
Gegenüberstellung der beiden Durchgänge.

2. Vergleich der Rassen

a) Varianzanalyse

Für die Auswertung dieser Arbeit stand uns der Computer des Rechenzentrums der Universität Zürich zur Verfügung.

Damit berechneten wir die Varianzanalyse für die drei Rassen Braunvieh, Simmentaler Fleckvieh und Schwarzfleckvieh. Die Rechnung wurde zweimal gemacht: Einmal wurden sämtliche Viertel erfasst; das zweite Mal klammerten wir die Proben aus den als geschädigt eingestuften Vierteln aus.

Wie aus Tabelle (5) entnommen werden kann, schnitt dabei das Simmentaler Fleckvieh mit einem geometrischen Mittel von 32'000 Zellen pro ml Milch besser ab als die anderen beiden Rassen, die im Mittel 35'000 (Braunvieh) resp. 36'000 (Schwarzfleckvieh) Zellen pro ml Milch auswiesen. Der Unterschied ist signifikant ($p < 5\%$).

Bei den ungeschädigten Vierteln resultierte ein geometrischer Mittelwert von 21'000 Zellen pro ml Milch beim Simmentaler Fleckvieh. Es wies auch hier einen tieferen Wert aus als die beiden anderen Rassen mit 25'000 bzw. 24'000. Dieser Unterschied ist hoch signifikant ($p < 1/10\%$).

Tabelle (5): Varianzanalyse der geometrischen Mittelwerte der Viertelsgemelkszellzahlen

	Alle Viertel (inklusive geschädigte)			nur ungeschädigte Viertel		
	Braunvieh	Simmentaler Fleckvieh	Schwarzfleck- vieh	Braunvieh	Simmentaler Fleckvieh	Schwarzfleck- vieh
Anzahl Proben	1616	1432	722	1379 (85%)	1196 (83%)	599 (83%)
Geometrischer Mittelwert 10 ³ Zellen/ml	35	32	36	25	21	24
95%-Bereich 10 ³ Zellen/ml	3 - 427	2 - 490	3 - 457	5 - 118	4 - 95	6 - 103
F-Wert	3.04 (p = 0.0478)			17.65 (p = 0.0000)		

b) Zellgehalt der Milch bei den verschiedenen Rassen

In Tabelle (6) sind die wichtigsten Daten der drei Rassen aufgeführt.

Im oberen Teil sind alle Viertel erfasst. Das äussert sich vor allem im Maximalwert, der bis zu 74 Millionen Zellen pro ml Milch ansteigt. Dadurch wird auch der 95%-Bereich deutlich beeinflusst, reicht er doch bis 490'000 Zellen pro ml, während am Medianwert zu erkennen ist, dass der grösste Teil der Proben weit darunter liegt. Noch deutlicher wird diese Tatsache beim Modus, dem robustesten der drei Werte Mittelwert, Medianwert und Modalwert. Der Modalwert als Maximum der Häufigkeitsverteilung ist stabil und wird nicht beeinflusst durch die Anzahl an hohen Werten.

Der untere Teil der Tabelle zeigt die Ergebnisse derjenigen Viertel, die als ungeschädigt beurteilt wurden. Hier liegen die Maximalwerte natürlich tiefer. Im 95%-Bereich wird die Grenze von 100'000 Zellen pro ml Milch bei Braunvieh und Schwarzfleckvieh wenig überschritten (18% beim Braunvieh, 3% beim Schwarzfleckvieh), beim Simmentaler Fleckvieh wird sie nicht erreicht.

Tabelle (6): Zellgehalt der Viertelsgemelksproben bei den verschiedenen Rassen (Zellzahl in Tausend pro ml)

	Braunvieh	Simmentaler Fleckvieh	Schwarzfleckvieh
<u>A. Alle Viertel</u>			
Anzahl Proben:	1616	1432	722
Modalwert:	20	16	22
Medianwert:	27	23	28
Geometrischer Mittelwert:	35	32	36
95%-Bereich:	3 - 427	2 - 490	3 - 457
Minimalwert:	2	2	3
Maximalwert:	63'000	74'000	9'400
<u>B. Ungeschädigte Viertel</u>			
Anzahl Proben:	1379	1196	599
Modalwert:	20	16	22
Medianwert:	23	19	24
Geometrischer Mittelwert:	25	21	24
95%-Bereich:	5 - 118	4 - 95	6 - 103
Minimalwert:	2	2	3
Maximalwert:	296	268	293

c) Vergleich der Viertelzellzahlen aus Milch von Tieren der gleichen Rasse mit verschieden grossem Fremdblutanteil

Wir verglichen die Zellzahlen aus Viertelsgemelken von ungekreuztem Braunvieh mit denjenigen von Tieren mit verschieden grossem Anteil der Rasse Brown Swiss, sowie die Viertelzellzahlen von reinem Simmentaler Fleckvieh mit denjenigen von Tieren mit Red Holstein-Blut.

Tabelle (7) zeigt die entsprechenden Daten des Braunviehs, Tabelle (8) diejenigen des Simmentaler Fleckviehs.

Auch hier fällt auf, dass die Zahlen beim Fleckvieh tiefer liegen als beim Braunvieh. Das wird vor allem am Modalwert deutlich.

Eine Ausnahme bilden die Fleckviehtiere mit 75% Red Holstein-Anteil: Hier liegen die Werte deutlich höher als bei den übrigen Fleckviehuntergruppierungen; ausserdem sind sie auch gegenüber den Braunviehgruppen markant erhöht.

In Abbildung (2) und (3) sind die entsprechenden Verteilungen grafisch wiedergegeben. Beim Braunvieh sind die Histogramme annähernd deckungsgleich; beim Fleckvieh sieht man bei den Kreuzungstieren eine allmähliche Verschie-

bung der Maxima nach rechts (erkennbar an der Asymmetrie in der Umgebung der Modalklassen). Die Modalklasse liegt beim Braunvieh und bei mit Red Holsteingekreuzten Fleckviehtieren zwischen 18'000 und 32'000 Zellen pro ml Milch. Eine Ausnahme bilden die reinen Simmentaler Kühe, deren Maximum in der tieferen Klasse (10'000 - 18'000 Zellen pro ml) liegt.

Tabelle 7: Verteilung der Viertelzellzahlen bei Tieren der Braunviehrasse mit verschiedenem grossem Anteil der Rasse Brown Swiss (Zellzahlen in Tausend pro ml)

		0%	Anteil 25%	Brown Swiss 50%	75%
<u>A. Alle Viertel</u>					
Anzahl Proben:		944	320	288	64
Modalwert:		21	23	21	22
Medianwert:		27	25	29	26
Geometrischer Mittelwert:		36	31	40	29
95%-Bereich:		3 - 451	3 - 330	3 - 500	5 - 191
Minimalwert:		2	2	4	4
Maximalwert:		22'000	6'000	63'000	428
<u>B. Ungeschädigte Viertel</u>					
Anzahl Proben:		790	284	247	58
Modalwert:		21	23	21	24
Medianwert:		23	23	25	24
Geometrischer Mittelwert:		24	23	28	24
95%-Bereich:		5 - 115	4 - 114	6 - 131	5 - 110
Minimalwert:		2	2	4	4
Maximalwert:		279	296	255	144

Tabelle (8): Verteilung der Viertelzellzahlen bei Tieren der Simmentaler Fleckviehrasse mit verschiedenen grossem Anteil der Rasse Red Holstein (Zellzahlen in Tausend pro ml)

	0%	Anteil Red 25%	Holstein 50%	75%
<u>A. Alle Viertel</u>				
Anzahl Proben:	493	347	380	132
Modalwert:	14	18	18	30
Medianwert:	20	23	30	34
Geometrischer Mittelwert:	25	30	44	43
95%-Bereich:	3 - 234	3 - 362	2 - 979	3 - 586
Minimalwert:	3	3	4	4
Maximalwert:	17'000	7'000	74'000	4'000
<u>B. Ungeschädigte Viertel</u>				
Anzahl Proben:	442	294	290	100
Modalwert:	14	18	18	30
Medianwert:	17	20	22	24
Geometrischer Mittelwert:	20	20	22	24
95%-Bereich:	4 - 91	5 - 90	5 - 111	6 - 104
Minimalwert:	3	3	4	4
Maximalwert:	268	264	265	214

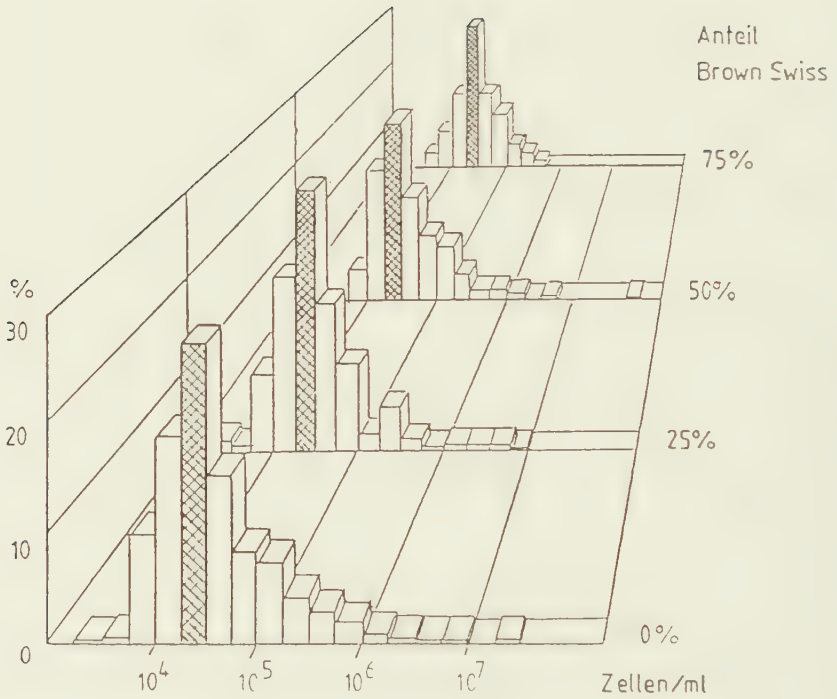


Abbildung (2): Zellgehalt in den Viertelsmelken der Braunviehrasse. Vergleich der Untergruppen mit verschiedenem Brown Swiss-Anteil.

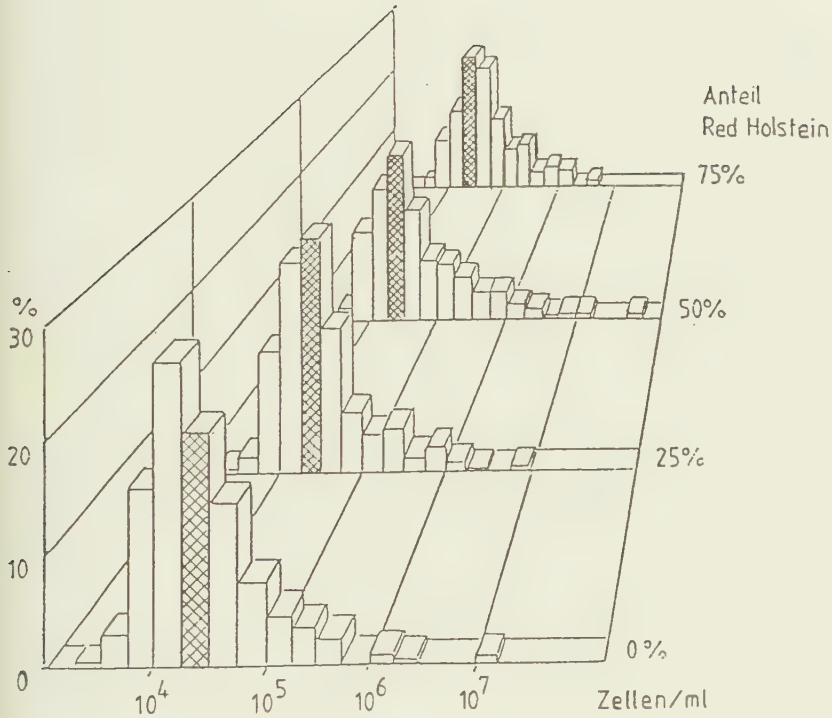


Abbildung (3): Zellgehalt in den Viertelsgemelken der Rasse Simmentaler Fleckvieh. Vergleich der Untergruppen mit verschieden grossem Red Holstein-Anteil.

3. Abhängigkeit vom Laktationsstadium

Anlässlich der Probenerhebung wurde von jedem Tier auch der Laktationsmonat protokolliert. Anhand dieser Daten wollten wir prüfen, welche Beziehung zwischen dem Laktationsstadium und dem Zellgehalt der Milch besteht.

Wir errechneten aus den Viertelzellzahlen jedes Laktationsmonates das geometrische Mittel und den Standardfehler. Anschliessend wurden zwei Regressionsgeraden ermittelt: Einerseits berechneten wir die Regression für die Werte, die sich bei Einbezug aller Viertel (inklusive geschädigte) ergaben; andererseits berücksichtigten wir ausschliesslich die ungeschädigten Viertel.

Abbildung (4) hält die Ergebnisse grafisch fest.

Es fällt sofort auf, dass die Regressionsgerade ansteigt, d.h. dass die Zellzahl in der Milch schon bei erstlaktierenden Tieren gegen Ende der Laktation eine zunehmende Tendenz zeigt. Auffällig ist dabei auch, dass diese Beziehung sowohl für die Werte aus sämtlichen Vierteln wie auch für diejenigen aus ausschliesslich ungeschädigten Vierteln gilt.



Abbildung (4): Regression Zellzahlmittelwert ($\bar{x}_G$) gegen Laktationsmonat

4. Beziehungen zwischen verschiedenen Parametern

Wir fragten uns, ob sich aus den gesammelten Daten gewisse Beziehungen ermitteln lassen. Daher wurde für verschiedene Parameter der Korrelationskoeffizient errechnet (Tabelle 9).

Deutliche Korrelationen ergaben sich nicht. Direkte Abhängigkeiten sind damit nicht gegeben.

Dennoch sind einige Parameter schwach korreliert und dies dank der grossen Probenzahl zum Teil sogar hochsignifikant.

Eine gewisse Korrelation besteht zwischen Zellzahl im Gesamtgemelk und Laktosegehalt. Recht ausgeprägt ist die Beziehung zwischen der Zellzahl des Gesamtgemelks und der Anzahl Kühe mit positivem Schalmtest an einem oder mehreren Vierteln.

Dagegen besteht zwischen der Anzahl somatischer Zellen in den Einkuhgemelken und der Bestandesgrösse kein Zusammenhang.

Tabelle (9): Korrelationskoeffizienten für die Beziehungen zwischen verschiedenen Parametern

	Anzahl Datenpaare	Korrelations- koeffizient
	n	r
Zellzahl ¹⁾ / Tagesleistung	913	- 0.140***
Zellzahl ¹⁾ / Laktosegehalt im Gesamtgemelk	802	- 0.257***
Zellzahl ¹⁾ / Durchschnittliches Minutengemelk	276	0.151*
Zellzahl ¹⁾ / Betriebsgrösse	944	- 0.004
Zellzahl ¹⁾ / Prozentsatz der CMT-positiven Kühe ²⁾ im Betrieb	741	0.227***
Tagesleistung / Laktosegehalt im Gesamtgemelk	802	0.118***
Voreuterindex ³⁾ / mittlere Zellzahl in der Milch der Vorderviertel	276	- 0.166***
Voreuterindex / mittlere Zellzahl in der Milch der Hinterviertel	276	0.039

1) Bedeutet hier: Anzahl an somatischen Zellen im Gesamtgemerk

2) Kühe, die mit dem California Mastitis Test (CMT = Schalmtest) an einem oder an mehreren Vierteln positiv reagiert haben

3) Gibt die Milchleistung der Vorderviertel in Prozent des Gesamtgemelkes an

* signifikant bei $p < 0.05$

** signifikant bei $p < 0.01$

***signifikant bei $p < 0.001$

D. Diskussion

1. Zellgehalt von Milch aus dem gesunden Euter

Untersucht wurden Milchproben, die bei erstlaktierenden Kühen vor dem Morgenmelken aus den einzelnen Vierteln gewonnen wurden. 3502 Proben wurden zweimal ausgezählt, 268 Proben nur einmal. Beim Vergleich der beiden Durchgänge fanden wir eine überraschend gute Uebereinstimmung der Zellzahl-Verteilungen.

Abbildung (5) zeigt die Verteilung aller Viertelzellzahlen, die wir im ersten Durchgang ermittelten, als logarithmische Kurve.

Wir gingen davon aus, dass es sich bei den Zahlen, die aus Milch von gesunden Vierteln erhoben wurden, um eine logarithmische Normalverteilung handelt. Deshalb zeichneten wir den absteigenden Schenkel einer Gauss'schen Glockenkurve in die Darstellung ein.

1971 hatte TOLLE auf diese Weise gezeigt, wo die Grenze zwischen "gesund" und "pathologisch verändert" verläuft. Er ermittelte damals einen Modalwert von circa 100'000 Zellen pro ml Milch. Dieser Modalwert entsprach dem Mittelwert seiner Glockenkurve. Die zweifache Standardabweichung - die in der Medizin übliche Sicherheitsgrenze der Norm - lag dabei etwa bei 500'000 Zellen pro ml.



Abbildung (5): Verteilung der Zellzahlen in Milch von schweizerischen Färsen

(n = 3770 Viertel)

Für diese Berechnung berücksichtigte TOLLE die Daten von 2636 Viertelsgemelken von Kühen aller Altersklassen.

Bei unserer Kurve liegt der Modus bei 20'000 Zellen pro ml Milch. (Im zweiten Durchgang lag er sogar noch etwas tiefer.) Die zweifache Standardabweichung umfasst als obere Grenze rund 100'000 Zellen pro ml.

Der Modalwert entspricht der Zellzahl, die am häufigsten vorkommt. Die Darstellung in Abbildung (5) zeigt deutlich, dass er nicht beeinflusst wird durch überhöhte Zahlen, die ausserhalb der Glockenkurve liegen.

Daher darf sicher gefolgert werden, dass dort, wo der Modus liegt, auch das Zentrum des Normalbereichs zu finden ist.

Unter der Annahme, dass die Zellzahl - Verteilung ungeschädigter Euterviertel einer Gauss'schen Kurve entspricht, darf aus Abbildung (5) folgendes abgeleitet werden:

- Im Bereich zwischen 40'000 und 100'000 Zellen pro ml erfasst man bereits Euterviertel mit leicht gestörter Sekretion.
- Ueber 100'000 Zellen pro ml ist die Zahl der ungeschädigten Viertel so klein, dass sie vernachlässigt werden kann.

Aufgrund der vorliegenden Resultate kann deshalb festgehalten werden:

- Milch aus dem gesunden Euter enthält in der Regel um 20'000 Zellen pro ml.
- Der Gehalt an somatischen Zellen kann bis 100'000 pro ml steigen und muss dann noch als normal taxiert werden. Bei höherem Zellgehalt liegt höchstwahrscheinlich eine Sekretionsstörung vor.

2. Zellgehalt der Milch bei den verschiedenen Rassen

Gemäss Varianzanalyse bestehen gewisse Unterschiede zwischen den Rassen. Die in Tabelle (5) aufgeführten geometrischen Mittelwerte von 35'000 (Braunvieh), 36'000 (Schwarzfleckvieh) bzw. 32'000 (Simmentaler Fleckvieh) Zellen pro ml Milch zeigen aber keinen für die Praxis bedeutsamen Unterschied. Auch die geometrischen Mittelwerte der Milchzellzahlen von ausschliesslich ungeschädigten Vierteln (25'000, 24'000 bzw. 21'000) unterscheiden sich nur unbedeutend. Dies wird vor allem dann augenfällig, wenn man den 95%-Streubereich betrachtet. Er weist bei allen Rassen etwa die gleichen Grenzen auf.

Wir haben die Verteilungskurven der drei Rassen übereinander projiziert (Abbildung 6).

Auf den ersten Blick scheint sich hier das Ergebnis der Varianzanalyse zu bestätigen: Die Kurve, die die Verteilung der Zellzahlen beim Simmentaler Fleckvieh wiedergibt, liegt etwas weiter nach links verschoben als die Kurven der beiden anderen Rassen. Die Zellzahlen sind also beim Simmentaler Fleckvieh niedriger.

Bei näherer Betrachtung der Kurven fällt aber auf, dass die Modalwerte sehr nahe beisammen liegen.

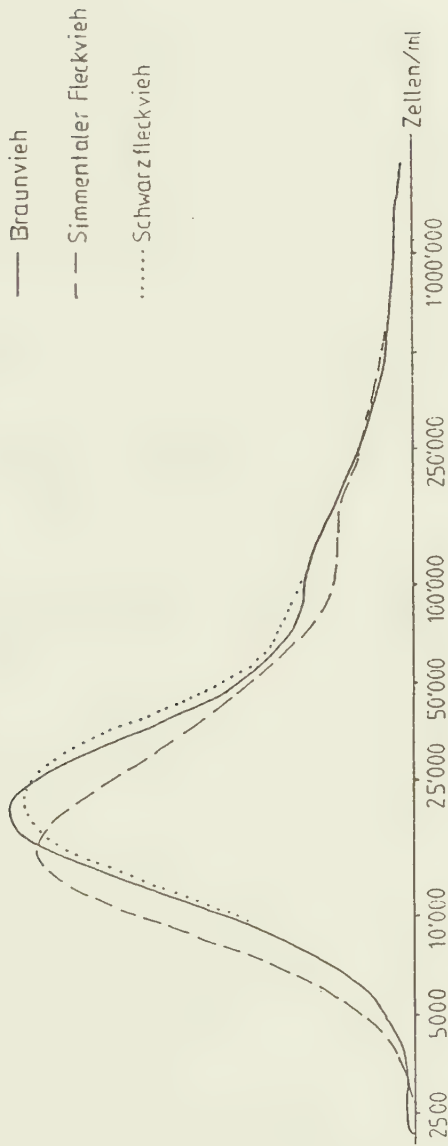


Abbildung (6): Vergleich der Zellgehaltsverteilungen der drei Rassen
Braunvieh, Simmentaler Fleckvieh und Schwarzfleckvieh

Sie betragen 20'000 Zellen pro ml Milch beim Braunvieh, 22'000 beim Schwarzfleckvieh und 16'000 beim Simmentaler Fleckvieh. Diese Zahlen sind zwar unterschiedlich hoch, die Differenzen sind aber für die Festlegung des Grenzwertes zwischen physiologischem und pathologischem Zellgehalt der Milch ohne jede Bedeutung.

Sehr deutlich geht aus der Zeichnung auch hervor, dass alle drei Kurven unter 100'000 Zellen pro ml abknicken, d.h. den Bereich der Normalverteilung verlassen.

Es bestehen also minimale rassenbedingte Unterschiede der Zellzahlen in der Milch erstmelker Kühe. Diese sind aber für die Mastitisdiagnostik bedeutungslos.

3. Vergleich der Viertelzellzahlen in Milch von Tieren der gleichen Rasse bei verschieden grossem Anteil an eingekreuztem Fremdblut

Hauptsächlich interessierte uns die Frage, ob zwischen den Rassen ein Unterschied im Zellgehalt der Milch besteht.

Daneben erschien es uns aber auch wesentlich, einmal abzuklären, ob es eventuell durch die Einkreuzungen, wie sie heute in grossem Umfange vorgenommen werden, zu Unterschieden innerhalb der Rassen kommt.

BAUMGARTNER fand 1980 bei Red Holstein-Töchtern fast doppelt so häufig Zellzahlen über 500'000 pro ml wie bei reinen Simmentaler Kühen.

Die Mastitis-Anfälligkeit war auch bei Brown Swiss-Töchtern höher als bei reinem Braunvieh, die Unterschiede waren aber hier weniger ausgeprägt.

Diese Ergebnisse konnten in unserer Untersuchung für die Verhältnisse bei Simmentaler- und Simmentaler-Red Holstein-Kühen bestätigt werden (Tabelle 10).

Bei allen Red Holstein-Töchtern insgesamt war der Anteil der Zellzahlen über 100'000 pro ml Milch rund doppelt so gross wie bei reinen Simmentaler Kühen.

Tabelle (10): Prozentsatz der Proben mit einem Zellgehalt von über 100'000 pro ml bei Braunvieh und Simmentaler Fleckvieh sowie bei Kreuzungen mit Brown Swiss bzw. Red Holstein

Rasse	Fremdblut- anteil %	Anzahl Proben	Proben mit >100'000 Zellen pro ml in %
Braunvieh	0	26	19
x Brown Swiss	25	320	11
	50	288	19
	75	64	9
			} 15
Simmentaler	0	493	11
x Red Holstein	25	347	15
	50	380	25
	75	132	20
			} 20

Beim Braunvieh wichen unsere Ergebnisse allerdings stark von Baumgartners Untersuchung ab, waren doch bei den Brown Swiss-Töchtern sogar weniger Viertel mit Zellzahlen über 100'000 pro ml Milch zu registrieren als beim reinen Braunvieh.

Diese Unterschiede wurden mittels χ^2 -Test überprüft und hochsignifikant befunden.

Obige Verhältnisse drücken sich auch im geometrischen Mittelwert und vor allem im Medianwert aus (Tabellen 7,8). Bei Braunvieh und Brown Swiss-Abkömmlingen liegen diese Werte praktisch auf gleicher Höhe, während sie bei Simmentaler Fleckvieh und Red Holstein-Töchtern deutlich verschieden sind. Der Medianwert steigt von den reinrassigen Simmentaler Kühen zu den Kühen mit 25 bzw. 50 bzw. 75% Red Holstein-Anteil von 20'000 auf 23'000 bzw. 30'000 bzw. 34'000 Zellen pro ml Milch.

Die gleiche Beziehung gilt auch für die als ungeschädigt beurteilten Viertel, wo der Anstieg von 17'000 auf 20'000 bzw. 22'000 bzw. 24'000 geht.

Sogar beim Modalwert zeigen die Tiere mit 75% Red Holstein-Anteil einen deutlich höheren Wert, nämlich 30'000 gegenüber 18'000 bei den anderen Kreuzungstieren bzw. 14'000 Zellen pro ml bei den reinen Simmentalern.

Wenn sich solche Verhältnisse bereits in der ersten Laktation so deutlich manifestieren, so darf wohl gefolgert werden, dass die Red Holstein-Abkömmlinge mit ihrer höheren Milchleistung auch empfindlicher auf Melkfehler reagieren.

4. Abhängigkeit vom Laktationsstadium

Aus allen Zellzahlen jedes Laktationsmonates wurden geometrischer Mittelwert und Standardfehler ermittelt. Daraus berechneten wir die Regressionsgerade.

Diese zeigt sowohl für die Zahlen, die aus sämtlichen Proben ermittelt wurden, wie auch für diejenigen, die wir aus Proben von ungeschädigten Eutervierteln erhielten, eine steigende Tendenz (Abbildung 4).

Auch BLACKBURN (1966), PROBST & BEHRINGER (1968), CULLEN (1968) und andere haben gefunden, dass die Zellzahl in der Milch gegen Ende der Laktation ansteigt.

Dieser Anstieg beruht zweifellos zu einem grossen Teil auf einer vermehrten Abstossung von Epithelzellen, die parallel zur Involution des mammären Parenchyms vor sich geht. Zu einem nicht geringen Anteil handelt es sich dabei aber auch um eine Zunahme der polymorphkernigen Granulozyten (BLACKBURN, 1966) und damit um entzündliche Vorgänge.

Auch unsere Untersuchung ergab nach einem Abfall im zweiten Monat einen stetigen Anstieg der Zellzahlen gegen das Laktationsende.

Bei Berücksichtigung sämtlicher Viertel (unter Einschluss der geschädigten) stieg das geometrische Mittel der Zahl somatischer Zellen in der Milch von 33'000 im ersten Monat über 25'000 im zweiten Monat auf 50'000 pro ml am Laktationsende.

Für die ungeschädigten Viertel lauten die entsprechenden Zahlen: 23'000, 17'000 und 32'000 Zellen pro ml Milch.

Tabelle (11) zeigt, dass auch die Zahl der geschädigten Viertel mit steigendem Laktationsmonat zunimmt

$$(y = 1.588910x + 8.16).$$

Tabelle (11): Prozentualer Anteil der geschädigten Viertel in den einzelnen Laktationsmonaten

Laktationsmonat	Anzahl Proben	Anteil geschädigte Viertel in Prozent
1	419	10.7
2	486	12.6
3	457	9.4
4	432	13.7
5	492	18.9
6	430	18.1
7	419	16.5
8	228	18.4
9	196	32.1
10ff	211	20.4

Ein beträchtlicher Teil des Anstiegs der Zahl somatischer Zellen am Ende der Laktation dürfte also auf zunehmende Euterschädigungen zurückzuführen sein.

Offenbar sind bereits in der ersten Laktation relativ viele Viertel zumindest leicht geschädigt. Dabei dürfte es sich um die allmähliche Akkumulation von Melkfehlern handeln (Melktraumen durch Zerren und Quetschen beim Handmelken und durch Vakuum- bzw. Pulsationsunstimmigkeiten sowie Leermelken mit der Maschine).

Wichtig wären u.a. schonendes Melken und gutes Ausmelken zur Vermeidung von Schleimhautquetschungen und Milchstauungen. Ebenso wichtig wäre die gute Wartung der Melkmaschine. Vor allem müssen die Zitzengummi regelmässig ausgewechselt werden: In rissigem Zustand beherbergen diese etwa 100 mal mehr Keime als glatte Gummiteile.

5. Beziehungen zwischen verschiedenen Parametern

Aus verschiedenen Daten, die wir anlässlich der Proben-
erhebung gesammelt hatten, errechneten wir die Korrela-
tionskoeffizienten (Tabelle 9).

Wir fanden dabei nur schwache Beziehungen, die nur die
Aussage zulassen, dass ein gewisser Zusammenhang besteht.
Eine direkte Abhängigkeit ist aber nicht gegeben.

Für die Beziehung zwischen Zellzahl im Gesamtgemelk und
Laktosegehalt haben wir ein r von - 0.257 erhalten.

Die beiden Parameter sind also negativ korreliert: Wenn
die Zellzahl steigt, sinkt der Laktosegehalt. Nur ist
diese Korrelation so schwach, dass der Laktosegehalt da-
nach kaum als brauchbares Kriterium für die Beurteilung
der Eutergesundheit verwendet werden könnte.

Eine ähnlich schwache Korrelation haben wir gefunden zw-
ischen der Zellzahl im Einkuhgemelk und dem Prozentsatz
der Kühe, die an einem oder an mehreren Vierteln auf den
Schalmtest (CMT) positiv reagierten ($r = 0.227$).

Immerhin bietet diese Tatsache einen Anhaltspunkt dafür,
dass in einem Bestand mit vermehrtem Auftreten von Masti-
tis auch die Erstkalbinnen bereits erhöhte Zellzahlen

- 14 -

aufweisen. Das ist ein weiteres Indiz dafür, dass in solchen Betrieben Schädigungen vorkommen, die sich m.o.w. auf alle Tiere auswirken.

Ueber Zusammenhänge zwischen Zellzahl im Gesamtgemelk und Tagesleistung, mittlerer Zellzahl in der Milch der Vorderviertel und Voreuterindex, Tagesleistung und Laktosegehalt im Gesamtgemelk kann nichts ausgesagt werden, da bei einem r von unter 0.2 de facto keine Korrelation mehr gegeben ist.

Ganz klar unabhängig sind dagegen Zellzahl im Einkuhgemelk und Betriebsgrösse. Mit der gebotenen Vorsicht dürfte daraus geschlossen werden, dass offenbar Gross- und Kleinbauern in gleichem Masse mit Mastitisproblemen zu tun haben.

E. Zusammenfassung

In 3770 Viertelsgemelksproben von erstlaktierenden Kühen der Braunvieh-, der Simmentaler Fleckvieh- und der Schwarzfleckviehrasse wurde die Zahl somatischer Zellen bestimmt mit dem Ziel abzuklären:

- wo die Grenze zwischen "physiologisch" und "pathologisch" zu finden ist,
- ob Unterschiede zwischen den Rassen bestehen,
- ob es Unterschiede zwischen reinrassigen Kühen und Kreuzungstieren gibt und
- ob eine Abhängigkeit vom Laktationsstadium besteht.

1. Die Norm liegt bei gesunden Färsen im Bereich von 20'000 Zellen pro ml Milch mit einem Toleranzintervall bis zu 100'000 Zellen pro ml.
2. Für die Praxis relevante Unterschiede zwischen den Rassen konnten nicht festgestellt werden.
3. Bei Simmentaler Fleckvieh-Kreuzungen nimmt die Disposition für subklinische Mastitiden mit steigendem Red Holstein-Anteil offenbar zu.
Bei Braunvieh-Kreuzungen konnte eine derartige Abhängigkeit nicht festgestellt werden.
4. Bei erstlaktierenden Tieren steigt die Zellzahl in der Milch gegen das Ende der Laktation etwas an.

L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

1. Baumgartner, H.: Rassenkreuzungen und Eutergesundheit;
Zbl. Land- und Milchw. 69, 1, 1980
2. Becht, H.: Vorschlag zur Mastitisdiagnostik; Schweiz.
Arch. Tierheilk. 103, 627, 1961
3. Blackburn, P.S., Laing, C.M., Malcolm, D.F.: A comparison of the diagnostic value of the total and differential cell counts of bovine milk; J. Dairy Res. 22, 37, 1955
4. Blackburn, P.S.: The variation in the cell count of cow's milk throughout lactation and from one lactation to the next; J. Dairy Res. 33, 193, 1966
5. Bramley, A.J.: Infection of the udder with coagulase negative Micrococci and Corynebacterium bovis; Ann. Bull. Int. Dairy Fed. p. 377, 1975
6. Breer, C., Lutz, H., Super, B.S.: Counting somatic cells in milk with a rapid flow-through cytophotometer; J. Milk Food Technol. 39, 624, 1976
7. Breer, C., Lutz, H.: Impulscytophotometrie - eine Alternative zur elektronischen Partikelzählung; Milchwissen. 33, 7, 1978

8. Chu, S.J.: Bovine mastitis: A comparison of the value of diagnostic methods; J. comp. Path. 59, 81, 1949
9. Cullen, G.A.: Cells in milk; Vet. Bull. 36, 337, 1966
10. Cullen, G.A.: Short term variations in the cell count of cow's milk; Vet. Rec. 80, 649, 1967
11. Cullen, G.A.: Cell counts throughout lactation; Vet. Rec. 82, 125, 1968
12. Duitschaeffer, C.L., Ashton, G.C.: Variations of somatic cells and neutrophils in milk throughout lactation; J. Milk Food Technol. 35, 197, 1972
13. Glättli, H.R.: Euterkrankheiten des Rindes - Probleme und Erkenntnisse; Schweiz. Arch. Tierheilk. 103, 140, 1961
14. Hess, E., Egger, B.: Zur Korrelation zwischen der mittels Coulter Counter bestimmten Zellzahl der Milch und den histologischen sowie bakteriologischen Untersuchungenbefunden; Schweiz. Landw. Forsch. 8, 2, 1969
15. Hoffmann, R.: Untersuchungen zum Zellgehalt der Rohmilch; Mh. Vet.-Med. 35, 645, 1980
16. Hauke, H.: Zellgehalt der normalen und pathologisch veränderten Milch; Dt. Tierärztl. Wschr. 68, 660, 724, 1961

17. Kästli, P.: Definition of mastitis; Internat. Dairy Fed. Ann. Bull. III, 1, 1967
18. King, J.O.L.: The effect of mastitis on the yield and composition of heifers' milk; Vet. Rec. 80, 139, 1967
19. Leidl, W., Walser, K.: Ueberprüfung von Melkmaschinen im Rahmen der Mastitisbekämpfung; Tierärztl. Umschau 17, 112, 1962
20. Lutz, H., Breer, C., Super, B.S.: Durchfluscytophotometrie, eine einfache und exakte Methode zur Zählung von Zellen in der Milch; Zbl. Vet. Med. A 21, 786, 1974
21. Lutz, H., Breer, C.: Zellzahlbestimmung in der Milch mit Hilfe der Impulscytophotometrie; Fortschr. Vet. Med. 25, 190, 1976
22. Meijering, A., Jaartsveld, F.H.J., Verstegen, M.W.A., Tielen, M.J.M.: The cell count of milk in relation to milk yield; J. Dairy Res. 45, 5, 1978
23. Merck, C.C.: Eine Studie über die elektronische Zählung des Milchzellgehaltes zum Nachweis subklinischer Mastitiden; Habilitation, Berlin, 1979

24. Meyer, B.: Produktionsverluste durch subklinische, mit Hilfe des Impulscytophotometers erfasste Mastitiden; Dissertation, Zürich, 1978
25. Munch-Petersen, E.: Mastitis in bovine primiparae; Vet. Rec. 87, 568, 1970
26. Natzke, R.P., Everett, R.W.: Normal Milk somatic cell counts; J. Milk Food Technol. 35, 261, 1972
27. Paape, M.J., Schultze, W.D., Miller, R.H., Smith, J.W.: Influence of exercise and stage of lactation on the milk somatic cell response of normal quarters to adrenocorticotropin; J. Food Prot. 42, 719, 1979
28. Prescott, S. C., Breed, R. S.: The determination of the number of body cells in milk by a direct method; J. infect. Dis. 7, 632, 1910
29. Probst, A., Behringer, J.: Zur Frage prädisponierender Faktoren bei Mastitis; Milchwissen. 23, 395, 1968
30. Rehder, H.: Beziehungen zwischen Maschinenmelken und Eutergesundheit - ein weiterer Beitrag; Dt. Tierärztl. Wschr. 68, 223, 1961
31. Reichmuth, J., Zeidler, H., Tolle, A., Heeschen, W.: Zum Einfluss subklinischer Mastitiden auf die Milchleistung des Rindes; Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 83, 26, 1970

32. Schalm, O.W., Lasmanis, J.: The leucocytes: Origin and function in mastitis; J.A.V.M.A. 153, 1688, 1968
33. Schalm, O.W., Carroll, E.J., Jain, N.C.: Bovine mastitis; Verlag Lea & Febiger, Philadelphia, 1971
34. Schultz, L.H.: Somatic cell counting of milk in production testing programs as a mastitis control technique; J.A.V.M.A. 170, 1244, 1977
35. Schultze-Petzold, H.: Beitrag zur zytologischen Beurteilung von Milch; Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 73, 349, 1960
36. Seelemann, M.: Ueber den Zellgehalt der Milch, seine Feststellung, Bedeutung und Beurteilung; Milchwissen. 19, 182, 1964
37. Thierley, M., Geringer, M.: Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Mängeln an Melkanlagen und Erhöhung des Milchzellgehaltes; Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 91, 296, 1978
38. Thompson, P.D.: Effects of physical characteristics of milking machines on teats and udders; J.A.V.M.A. 170, 1150, 1977

39. Tolle, A.: Zur zytologischen, biochemischen und bakteriologischen Beurteilung von Milch; Schweiz. Arch. Tierheilk. 112, 512, 1970
40. Tolle, A.: Grundlagen für eine systematische Mastitis-Bekämpfung; Institut für Milchhygiene der Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel, 1971
41. Waite, R., Blackburn, P.S.: The chemical composition and the cell count of milk; J. Dairy Res. 24, 328, 1957
42. Weber, H., Guthy, K.: Die Zellzahl in der Milch - Eine kritische Studie zur Beurteilung der Milchqualität; Dt. Molk.-Ztg. 92, 2169, 1971
43. White, F., Rattray, E.A.S.: Diurnal variation in the cell count of cow's milk; J. comp. Path. 75, 253, 1965
44. Wright, C.L.: The significance of cells in bovine bulked milk supplies; Vet. Rec. 100, 8, 1977

Mein herzlichster Dank richtet sich an:

- Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. E. Hess für das Ueberlassen des interessanten Themas und die gewährte Unterstützung
- Herrn Prof. Dr. K. Zerobin für das Korreferat
- Herrn Dr. C. Breer, Herrn Dr. B. Meyer und Herrn Dr. R. Maier für die fachmännische Beratung
- Herrn Dr. E. Eggenberger für seine Hilfe bei der statistischen Auswertung
- die Milchinspektoren und Melkberater des MKBD der Zentral- und Nordostschweiz, des MKBD des Kantons Aargau, des MKBD der Nordwestschweiz und der thurgauischen milchwirtschaftlichen Zentralstelle für ihre wertvolle Mitarbeit bei der Entnahme der aseptischen Milchproben zur bakteriologischen Untersuchung
- die Herren N. Wallimann vom Braunviehzuchtverband, H.R. Hebeisen vom Fleckviehzuchtverband und M. Hitz vom Schwarzfleckviehzuchtverband für ihren Einsatz bei der Auswahl der Betriebe und Milchleistungskontrolleure sowie für die Zustellung der Daten der Melkbarkeitsprüfung
- die Mitarbeiter des Instituts für Veterinär-Hygiene für ihre Mithilfe bei den Laborarbeiten

L e b e n s l a u f

Robert Doggweiler, geboren am 10. März 1946 in Luzern,
Bürger von Opfikon (ZH) und Basel.

1953-59 Primarschule in Neukirch-Egnach (TG)

1959-62 Sekundarschule in Neukirch-Egnach (TG)

1962-65 Gymnasium an der thurgauischen Kantonsschule
Frauenfeld

1965 Maturitätsprüfung Typ B

1965-69 Studium der Anglistik an der Universität Zürich

1969-73 Beschäftigung auf einer Bank, einer Versicherung,
einer Pressebildredaktion

1973-78 Studium der Veterinär-Medizin an der Universität
Zürich

1978 Staatsexamen als Tierarzt

Seit 1.1.79 Assistent am Institut für Veterinär-Hygiene
der Universität Zürich.

